

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

(11) N° de publication :

2 651 633

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

(21) N° d'enregistrement national :

89 11494

PARIS

(51) Int Cl⁵ : H 04 R 17/00

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 01.09.89.

(30) Priorité :

(71) Demandeur(s) : Société dite: THOMSON
CONSUMER Electronics — FR.

(72) Inventeur(s) : Micheron François.

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : 08.03.91 Bulletin 91/10.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de
recherche : Se reporter à la fin du présent fascicule.

(60) Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

(73) Titulaire(s) :

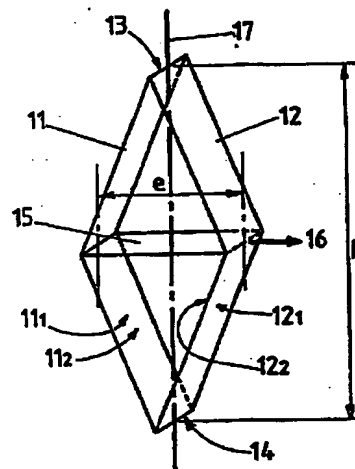
(74) Mandataire : Lardic René Thomson CSF.

(54) Élément et dispositifs de transducteurs électroacoustiques à bimorphe de polymère piézoélectrique notamment pour la réalisation d'un haut-parleur à diagramme de rayonnement de type linéaire.

(57) L'invention fournit un nouvel élément transducteur électroacoustique, susceptible de présenter une valeur d'impédance du même ordre que celle des hauts-parleurs classiques (typiquement 4 à 8 Ohm), permettant une adaptation directe aux éléments d'une chaîne de restitution sonore (amplificateur, filtres,...).

L'élément est constitué de deux membranes quadrangulaires symétriques (11, 12), disposées face à face, dont deux bords opposés (13, 14), sont encastres conjointement, et espacés par entretoise (15) dans leurs parties médiane, lesdites membranes étant formées chacune par un film (11, 12) en matériau polymère piézoélectrique, métallisé sur ses deux faces (11₁, 11₂, 12₁, 12₂) les deux films métallisés (11, 12) étant excités en opposition de phase par une même source électrique modulée.

Application préférentielle à la réalisation de hauts-parleurs linéaires, à un ou plusieurs éléments spécialisés en fréquence.



FR 2 651 633 - A1



1

Elément, et dispositifs de transducteurs électroacoustiques à bimorphe de polymère piézoélectrique notamment pour la réalisation d'un haut-parleur à diagramme de rayonnement de type linéaire.

5 Le domaine considéré est essentiellement celui des transducteurs électroacoustiques, et plus particulièrement mais non exclusivement, des hauts-parleurs constituant des sources électroacoustiques linéaires.

Une source linéaire est par exemple rectangulaire, de largeur égale ou inférieure à la longueur d'onde, et de longueur (hauteur) grande devant la longueur d'onde.

10 En champ proche, l'intensité acoustique émise par la source ne dépend pas de la position le long de la grande dimension; en champ lointain, l'intensité acoustique est focalisée dans le plan perpendiculaire à la grande dimension, à mi-distance des extrémités de la source.

15 La source linéaire étant verticale, cette focalisation dans un plan horizontal est avantageuse pour l'auditeur, puisque, contrairement au cas de la source acoustique ponctuelle, l'intensité acoustique est moindre dans le volume hors du plan d'écoute; il en résulte en particulier qu'il y a moins d'intensité réfléchie par les murs de la pièce d'écoute (sol et plafond), d'où un gain de qualité de reproduction sonore.

20 Ces sources linéaires sont difficiles à réaliser par la technologie des hauts-parleurs conventionnels.

Selon un mode de réalisation commun, on peut donner ainsi au cône d'émission une section elliptique, mais il est rare que le rapport grand axe/ petit axe dépasse 2.

25 Les techniques connues les plus adaptées à la constitution de sources linéaires sont le haut-parleur à ruban et le haut-parleur électroacoustique.

Dans le premier cas, l'impédance est en général très basse, puisque le conducteur constitue la membrane. Dans le second cas, l'impédance est très élevée, puisque c'est celle d'un condensateur à air, de quelques millimètres d'épaisseur. Ces hauts-parleurs doivent donc être adaptés à l'impédance de l'amplificateur, par des transformateurs respectivement abaisseurs et élévateurs d'impédance. Du fait du coût de ces transformateurs ajouté à celui des hauts-parleurs, ces technologies ne sont utilisées que dans le très haut de gamme de l'électroacoustique.

L'invention a pour objectif de pallier notamment les inconvénients de ces techniques existantes.

Plus précisément, un premier objectif de l'invention est de fournir un élément transducteur électroacoustique, susceptible de présenter une valeur d'impédance du même ordre que celle des hauts-parleurs classiques (typiquement 4 à 8 Ohm), permettant une adaptation directe aux éléments d'une chaîne de restitution sonore (amplificateur, filtres,...).

Un autre objectif de l'invention est de fournir des éléments transducteurs de ce type, susceptible de présenter, dans différentes variantes de réalisation d'un élément, ou dans différents modes d'assemblage de plusieurs éléments, diverses caractéristiques utiles à la constitution de hauts-parleurs.

Ces objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, sont atteints selon l'invention à l'aide d'un élément transducteur électroacoustique, caractérisé en ce qu'il est constitué de deux membranes quadrangulaires symétriques, disposées face à face, dont deux bords opposés, sont encastres conjointement, et espacés par entretoise dans leurs parties médianes

et en ce que lesdites membranes sont formées chacune par un film en matériau polymère piézoélectrique, métallisé sur ses deux faces les deux films métallisés étant excités en opposition de phase par une même source électrique modulée.

Suivant les modes de réalisation de l'élément transducteur, les moyens d'encastrement de deux bords opposés des membranes peuvent imprimer une tension mécanique auxdites membranes.

Avantageusement, lesdits moyens d'encastrement conjoints de deux bords

opposés desdites membranes sont constitués par un bâti unique réalisé dans un matériau polymère de coefficient de dilatation sensiblement identique à celui desdits films constitutifs des membranes.

5 Dans un mode de réalisation avantageux de l'invention, ledit élément comprend un film d'amortissement complémentaire, s'étendant dans le plan de symétrie desdites membranes. Ledit film d'amortissement est par exemple constitué en matériau polymère viscoélastique tel que la mousse de polyuréthane.

10 Selon une autre caractéristique préférentielle de réalisation, chacune desdites membranes est constituée par un stratifié de n films en matériau polymère piézoélectrique métallisés sur leurs deux faces et excités électriquement en parallèle. Ce mode de réalisation permet notamment de modifier l'impédance de l'élément, par exemple pour l'amener à des valeurs standardisées.

15 Avantageusement, ladite entretoise d'espacement est formée par un barreau s'étendant sensiblement parallèlement auxdits bords d'encastrement des membranes, constitué en matériau du type d'un polymère expansé.

20 Les objectifs de l'invention sont également atteints à l'aide d'un dispositif transducteur électroacoustique caractérisé en ce qu'il est constitué de deux rubans symétriques, disposés face à face, constitués chacun par un film en matériau polymère piézoélectrique à faces métallisés, ladite paire de rubans coopérant avec une pluralité de moyens d'encastrement et de moyens d'espacement définissant une pluralité d'éléments transducteurs électroacoustiques tels que présentés ci-dessus. Ce mode de réalisation permet d'obtenir des jeux de transducteurs alignés, selon un procédé de fabrication avantageux.

25 Selon l'invention, un dispositif transducteur électroacoustique peut également être constitué de l'assemblage d'au moins deux éléments transducteurs électroacoustiques, mécaniquement indépendants, et présentant des fréquences de résonance distinctes. Chacun desdits éléments présente une même longueur, et une largeur et/ou une tension distinctes correspondant à sa fréquence de résonance.

30 On a ainsi réalisé un haut-parleur à large bande, lorsque chacun desdits éléments transducteurs électroacoustiques est connecté à une même source électrique, éventuellement à travers un élément de filtrage spécifique.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante de quelques modes de réalisation préférentiels de l'invention, donnés à titre illustratif et non limitatif, et des dessins annexés dans lesquels :

- 5 - La figure 1 illustre la structure d'un élément transducteur électroacoustique à bimorphe de polymère piézoélectrique, selon l'invention;
- les figures 2A, 2B illustrent deux modes d'excitation des films métallisés constitutifs d'un élément transducteur électroacoustique selon la revendication 1;
- la figure 3 est un schéma en perspective d'un élément transducteur
- 10 électroacoustique monté dans un bâti;
- la figure 4 est un schéma d'un dispositif transducteur électroacoustique selon l'invention constitué de trois éléments complémentaires, mécaniquement indépendants, destinés par exemple à former un haut-parleur à large bande;
- la figure 5 est un schéma illustrant un mode de réalisation d'un élément
- 15 transducteur électroacoustique de l'invention, muni d'une membrane médiane d'amortissement;
- la figure 6 est un schéma illustrant la réalisation d'une membrane d'élément transducteur électroacoustique de l'invention, selon un stratifié de films en polymère piézoélectrique métallisé, notamment pour la réduction de la valeur
- 20 d'impédance de l'élément ;
- les figures 7A, 7B sont respectivement un schéma de face, et en coupe, d'un dispositif transducteur électroacoustique de l'invention, constitué d'une paire de rubans en polymère piézoélectrique métallisé, définissant une série d'éléments transducteurs alignés;
- 25 - la figure 8 est une vue en agrandissement d'un des éléments transducteurs formé dans le dispositif des figures 7A, 7B.

L'élément transducteur électroacoustique de l'invention utilise les propriétés piézoélectriques de certains polymères tels que présentés par exemple dans l'article intitulé " Vers une nouvelle génération de capteurs grâce aux polymères piézoélectriques " publié par François Micheron dans la revue " Mesures

30 - régulation - Automatismes " daté de novembre 1981.

Le prototype des polymères piézoélectriques est le polyfluorure de vinylidène (PVF2)_n, de formule (CH₂-CF₂)_n.

Le PVF2 se présente comme un matériau mince, de grande surface, très souple, à faible densité et grand amortissement mécanique. Du fait que ce matériau est thermoformable, il est possible de lui conférer une forme quelconque, par exemple une découpe quadrangulaire comme utilisée dans l'élément transducteur électroacoustique de l'invention.

D'autres matériaux polymères présentent également des caractéristiques piézoélectriques, tels que le polychlorure de vinyle (PVC), le polyfluorure de vinyle (PVF), les polyamides (nylon 66 (marque déposée)).

On trouve également des propriétés piézoélectriques dans des biopolymères, tels que les tissus constitutifs, du tendon, de la corne, ou de la soie, entre autres. Toutefois, bien que des constituants synthétiques de ces matériaux aient été préparés avec les mêmes coefficients piézoélectriques que les biopolymères naturels, la stabilité de ces constituants semble pour l'instant précaire.

La présente invention vise donc à utiliser plus particulièrement, dans l'immédiat, les polymères piézoélectriques de synthèse, du type présenté dans l'énumération non exhaustive précédente, sans exclure l'extension à des modes de réalisation utilisant d'autres matériaux piézoélectriques.

Comme représenté en figure 1, un élément transducteur électroacoustique selon l'invention présente une structure bimorphe, constitué de deux membranes quadrangulaire 11, 12, de mêmes dimensions, formées d'un film en matériau polymère piézoélectrique. Les deux membranes 11, 12 sont encastrées à leurs bords d'extrémité 13, 14, et légèrement tendues. On verra plus loin que l'effort de tension est une caractéristique de réglage du bimorphe.

Dans un mode de réalisation avantageux illustré en figure 3, le bimorphe 30 est encastré à ses deux bords d'extrémité 33, 34 dans un bâti unique 35. Le bâti est pourvu, dans sa partie supérieure, de deux contacts 31, 32 d'excitation des faces métallisées des films constitutifs du bimorphe 30, par exemple selon l'un des montages des figures 2A et 2B. Le bimorphe 30 se déplace librement à l'intérieur du bâti 35. Ce dernier peut être fixé sur un socle, ou dans un caisson, aux points

de fixation 36, 37.

Une cale légère 15, formant entretoise, est introduite entre les deux membranes 11, 12, sensiblement à mi-hauteur du bimorphe. Dans le schéma de la figure 1, la longueur de la cale d'espacement 15 est considérablement augmentée par rapport aux dimensions du bimorphe, pour des raisons de clarté. En réalité, la longueur de la cale 15 est plutôt de l'ordre de quelques millimètres pour une hauteur du bimorphe de l'ordre de 15 cm.

Les deux films 11, 12 sont métallisés sur la totalité de leurs deux faces internes 11_2 , 12_2 , et externes, 11_1 , 12_1 , et sont excités électriquement en opposition.

Du fait des propriétés des matériaux polymères piézoélectriques, on obtiendra ainsi sous excitation un allongement de l'un des films à chaque fois que l'autre film subira une rétraction. Il s'en suit un déplacement du bimorphe, présentant une intensité maximale au niveau de la cale d'espacement 15, dans une direction 16 perpendiculaire à la direction d'encastrement 17.

Le déplacement est considérablement amplifié par rapport aux variations de dimensions de chacun des deux films; pour une hauteur du bimorphe $h = 50$ cm et une cale d'espacement de $e = 5$ mm, le coefficient d'amplification de déplacement est $h/e = 100$.

A titre d'exemple, pour un bimorphe constitué de deux films de PVF₂, d'épaisseur $30 \mu\text{m}$, le déplacement au centre est $17 \mu\text{m}$ par volt appliqué. En admettant qu'en fonctionnement dynamique (1 kHz) les valeurs de déplacement statique sont conservées, il suffit de quelques dizaines de volts appliqués au bimorphe pour produire un niveau acoustique de 90 à 95 dB à 1 mètre, suffisant pour une écoute domestique.

Les figures 2A et 2B illustrent deux modes d'excitation des faces métallisées 12_1 , 12_2 , 11_1 , 11_2 , les films constitutifs du bimorphe de la figure 1.

Dans ces figures 2A, 2B, les flèches en traits pleins 20 correspondent à la polarisation rémanente du polymère piézoélectrique constitutif des films 11 et 12. Cette polarisation rémanente est caractéristique du caractère polaire de PVF₂, et provient notamment de la dissymétrie ionique créée au niveau du monomère : un carbone sur deux porte deux hydrogènes, l'autre deux fluors. Des traitements

mécaniques et électriques appropriés, lors de la synthèse du PVF2, permettent d'accentuer ce phénomène (voir article précité).

Les flèches 21 en pointillé représentent la polarisation induite par l'excitation des faces métallisées des films.

5 Dans le mode de réalisation illustré en figure 2A, la source modulée 22 induit les polarisations 20 en opposition, alors que les polarisations rémanentes des films 11, 12 sont parallèles. Dans le cas où le film 12 s'allonge, le film 11 rétrécit alors.

10 Dans le cas d'excitation illustré en figure 2B, les polarisations induites 20 par la source de modulation 22 sont en parallèle, alors que les polarisations rémanentes 21 sont en opposition. On observe également dans ce cas une rétraction du film 11 au moment d'un allongement du film 12.

15 Le premier mode de résonance du bimorphe encastré à ses deux extrémités est à très basse fréquence, en l'absence de tension mécanique appliquée selon l'axe 17 : avec les dimensions illustratives précédentes, le mode de résonance fondamental est situé entre 10 et 13 Hz.

Cette fréquence peut être élevée, comme dans le cas d'une corde vibrante, en appliquant une tension mécanique aux films 11, 12 selon l'axe 17, au prix d'une réduction d'amplitude au centre.

20 Cette propriété a deux implications illustrées en figure 3 et 4 respectivement.

La première implication a trait à la compatibilité des matériaux constitutifs du bâti et du bimorphe d'un même élément transducteur (fig 3).

25 Si le bâti du haut-parleur n'a pas le même coefficient de température que celui du polymère (environ 10^{-4} K^{-1}), la tension du bimorphe 30 est fonction de la température. Il est donc préférable que le bâti 35 soit réalisé lui-même en polymère (par exemple en PVC) et tenu, par exemple, en sa partie médiane 36, 37 de sorte qu'il puisse se dilater librement dans la direction 17.

30 La seconde implication conduit à envisager l'association de plusieurs éléments transducteurs réglés sur des fréquences de résonance distinctes (fig 4).

Un haut-parleur large bande peut ainsi être réalisé par association de

plusieurs bimorphes 41, 42, 43 de même longueur, soumis à des tensions mécaniques T_1 , T_2 , T_3 , d'autant plus élevées que la gamme de fréquences à reproduire est plus élevée.

5 D'autre part, de façon avantageuse, chacun de ces éléments transducteurs 41, 42, 43 présentera une surface différente. En effet, en champ lointain, la pression acoustique est proportionnelle à $V_b \cdot f^2$, avec f : fréquence émise et V_b : volume balayé par la membrane (surface x déplacement).

10 Il en résulte que, dans la figure représentée, les surfaces des bimorphes 41, 42, 43 sont croissantes, et les tensions T_1 , T_2 , T_3 des membranes sont décroissantes, de façon à permettre à l'élément 41 de restituer les fréquences les plus élevées et à l'élément 43 les fréquences les plus basses.

15 D'autre part, de façon à effectuer une bonne répartition des fréquences à émettre entre les trois éléments 41, 42, 43, il est avantageux de prévoir un filtrage des signaux électriques fournis par la source modulée 40. Plus particulièrement, les bimorphes de grande surface ne doivent être alimentés en signaux de fréquences élevées, afin de conserver, au moins à ces fréquences élevées, un fonctionnement en source acoustique linéaire. Les filtres d'aiguillage peuvent être constitués par de simples résistances R_1 , R_2 , R_3 , placés en série avec les membranes métallisées 41, 42, 43 qui par elles-mêmes présentent une impédance capacitive.

20 La figure 5 illustre une structure d'élément transducteur comportant une membrane complémentaire. Les modes de résonance des bimorphes de l'invention étant apparentés à ceux de cordes tenues à leurs extrémités, ils peuvent être à l'origine de déformées en "vagues", sources de distorsion harmonique. Ces modes parasites doivent être amortis, sinon éliminés. La technique d'amortissement proposée consiste à disposer entre les deux films 11, 12 du bimorphe un film 51 de polymère viscoélastique, c'est à dire présentant des pertes mécaniques élevées (mousse en polyuréthane par exemple). Cette famille de matériaux est très utilisée dans l'industrie du haut-parleur : ils sont utilisés en particulier à la jonction

25

30

membrane - châssis et évitent la réflexion d'ondes acoustiques se propageant dans la membrane, donc les ondes stationnaires dans la membrane. L'entretoise

d'espacement du bimorphe est alors avantageusement constituée de deux demi cales 52, 53 rapportées et fixées par collage, par exemple de part et d'autre de la membrane d'amortissement 51.

5 La membrane d'amortissement 51 permet ainsi tant d'obtenir un réglage de la fréquence de résonance de l'élément transducteur, que l'amortissement des modes propres, etc...

Adaptation d'impédance

10 Les impédances capacitives des bimorphes utilisés dans l'invention seront en général supérieures aux impédances de sortie usuelles des amplificateurs (4 à 8 Ohm). Plutôt que d'effectuer l'adaptation d'impédance par un transformateur élévateur coûteux, il est avantageux (fig 6) de diminuer l'impédance de chaque film d'épaisseur z par emploi de n couches $60_1, 60_2, 60_3, 60_4$, d'épaisseur z/n , mises électriquement en parallèle sur la source électrique 63 et collées entre elles. La compliance du bimorphe reste sensiblement la même que pour l'épaisseur z , alors
15 que la constante diélectrique apparente est multipliée par n^2 et le coefficient piézoélectrique apparent par n (le calcul électrique de ce montage établit son équivalence exacte avec un transformateur élévateur de rapport n). On notera que cette structure stratifiée peut être obtenue par superposition de films polymères déjà polarisés, en intervertissant à chaque couche la direction de polarisation rémanente 61, et induite 62, cette structure peut être aussi obtenue à partir de
20 films non polarisés, qui seront ensuite polarisés ensemble une fois assemblés : l'alternance des polarisations rémanentes se réalise d'elle-même.

25 En reprenant l'exemple de la figure 4 d'un haut-parleur à 3 bimorphes 41, 42, 43, et en se fixant pour règle que l'impédance d'un bimorphe ne doit pas être inférieure à 4 Ohm, à sa fréquence de coupure haute, on obtient les différents nombres de couches présentés en table I

TABLE I

		S(m2)	fc(Hz)	C1(F)	Z1(Ohm)n	n	Zn(Ohm)
5	B1	2.10 ⁻²	20k	6,7.10 ⁻⁸	119	4	7,4
	B2	0,16	5k	5,3.10 ⁻⁷	60	3	6,7
	B3	1	300	3,3.10 ⁻⁶	159	5	6,4

S : surface, fc : fréquence de coupure haute, C1 : capacité pour une couche de 30 μ m, Z1 : impédance à fc pour une couche, n : nombre de couches, Zn : impédance à fc pour n couches.

10

Compte tenu de ce que les impédances Zn sont toutes voisines, les résistances R1, R2, R3 constituant les filtres d'aiguillage en Fig 4 peuvent être toutes égales à 7 Ohm. Néanmoins, si les trois bimorphes 41, 42, 43 sont mis en parallèle en sortie du même amplificateur, l'impédance aux fréquences les plus élevées tend vers environ 2 Ohm ce qui est trop faible ; il faut utiliser des filtres d'aiguillage plus élaborés ou alimenter ces bimorphes avec des amplificateurs séparés.

15

Sources acoustiques alignées (Fig 7A, 7B, et 8)

20

Des bimorphes selon la structure décrite peuvent être assemblés en ligne et se comporter comme une source acoustique linéaire pour les fréquences telles que la longueur d'onde correspondante est supérieure à la distance séparant leurs centres.

25

Comme représenté en Fig 7A, 7B, la source 70 est constituée d'une paire de rubans 71, 72 montée dans un cadre 73 présentant une ouverture de 2 m x 12 mm. Les deux rubans 71, 72 stratifiés y sont encastrés à leurs extrémités 74, 75, où sont pris les contacts. Tous les 2 cm, sont disposés dans l'ouverture des moyens intermédiaires d'encastrement 76 constitués par exemple de deux tiges cylindriques 77, 78 de diamètre 2 mm, séparés d'environ 50 μ m et qui enserrant périodiquement le double ruban 71, 72 : un bimorphe élémentaire 80 est donc constitué par la

30

surface de ruban comprise entre deux paires de tiges d'encastrement 77, 78 successives. Les cales 79, d'épaisseur 1 mm, sont avantageusement des cylindres de

polymère expansé (polyéthylène par exemple) ; elles sont insérés et collés entre les deux rubans 71, 72 à mi distance des paires de tiges d'encastrement 77, 78.

Soit par exemple à réaliser une source linéaire de deux mètres de hauteur, de largeur 1 cm, dans la bande 3 à 16 kHz. A 16 kHz, la longueur d'onde est 2 cm, les éléments transducteurs ont donc pour hauteur $h = 2$ cm. On choisit pour fréquence de résonance une fréquence inférieure à 3 kHz, soit $f_r = 1500$ Hz. Dans ces conditions,

$$e \text{ (largeur de la cale 79)} = f_r \cdot h^2 / 600 = 1 \text{ mm.}$$

La capacité de la source acoustique est

$$C = 10^{-10} \cdot 4 \cdot 10^{-2} / 3 \cdot 10^{-5} = 1,33 \cdot 10^{-7} \text{ F}$$

et son impédance à 16 kHz :

$$Z = 75 \Omega$$

Cette impédance est ramenée à $75/9 = 8,3$ Ohm par stratification de 3 couches de $10 \mu\text{m}$.

Les modes de réalisation présentés, ainsi que les exemples numériques ne limitent en aucune façon la portée de la présente invention, et l'homme de métier imaginera de lui-même les nombreuses autres variantes couvertes par le présent brevet.

REVENDICATIONS

1. Elément transducteur électroacoustique, caractérisé en ce qu'il est constitué de deux membranes quadrangulaires symétriques (11, 12), disposées face à face, dont deux bords opposés (13, 14), sont encastrés conjointement, et espacés par entretoise (15) dans leurs parties médianes,

et en ce que lesdites membranes sont formées chacune par un film (11, 12) en matériau polymère piézoélectrique, métallisé sur ses deux faces (11₁, 11₂, 12₁, 12₂) les deux films métallisés (11, 12) étant excités en opposition de phase par une même source électrique modulée (22).

2. Elément transducteur électroacoustique selon la revendication 1 caractérisé en ce que les moyens d'encastrement de deux bords opposés des membranes (11, 12) impriment une tension mécanique auxdites membranes.

3. Elément transducteur électroacoustique selon l'une quelconque des revendications 1 et 2 caractérisé en ce que lesdits moyens d'encastrement conjoints de deux bords opposés desdites membranes sont constitués par un bâti unique (35) réalisé dans un matériau polymère de coefficient de dilatation sensiblement identique à celui desdits films constitutifs des membranes (11, 12).

4. Elément transducteur électroacoustique selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 caractérisé en ce qu'il comprend un film d'amortissement complémentaire (51), s'étendant dans le plan de symétrie desdites membranes (11, 12).

5. Elément transducteur électroacoustique selon la revendication 4 caractérisé en ce que ledit film d'amortissement est constitué en matériau polymère viscoélastique tel que la mousse de polyuréthane.

6. Elément transducteur électroacoustique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 caractérisé en ce que chacune desdites membranes est constituée par un stratifié de n films (60₁, 60₂, 60₃, 60₄) en matériau polymère piézoélectrique métallisés sur leurs deux faces et excités électriquement en parallèle.

7. Elément transducteur électroacoustique selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 caractérisé en ce que ladite entretoise d'espacement (15, 52,

53, 79) est formée par un barreau s'étendant sensiblement parallèlement auxdits bords d'encastrement des membranes (13, 14, 74, 75), constitué en matériau du type d'un polymère expansé.

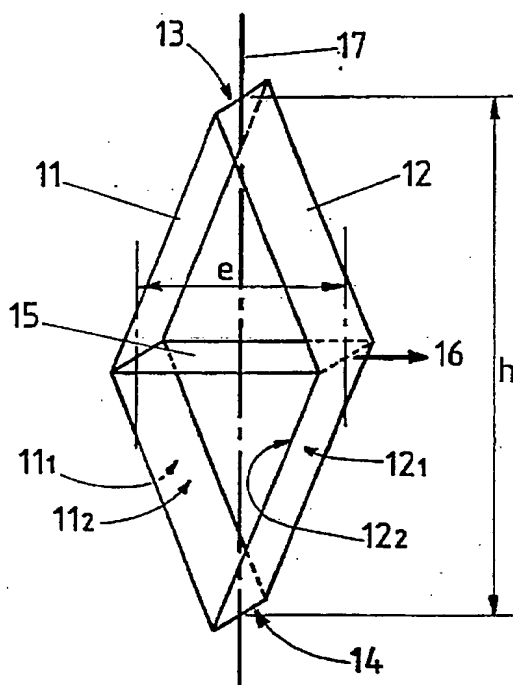
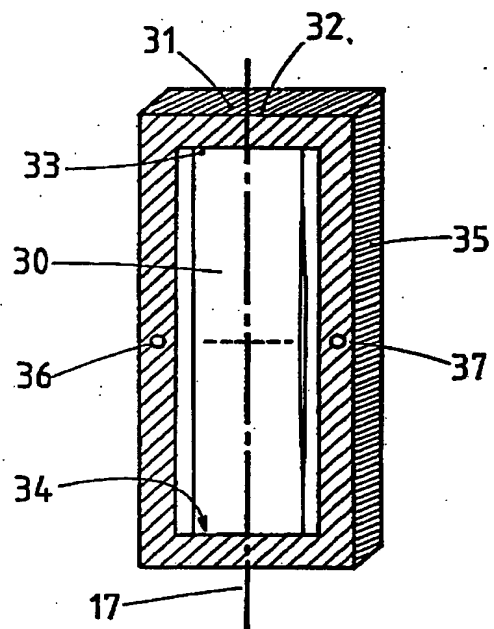
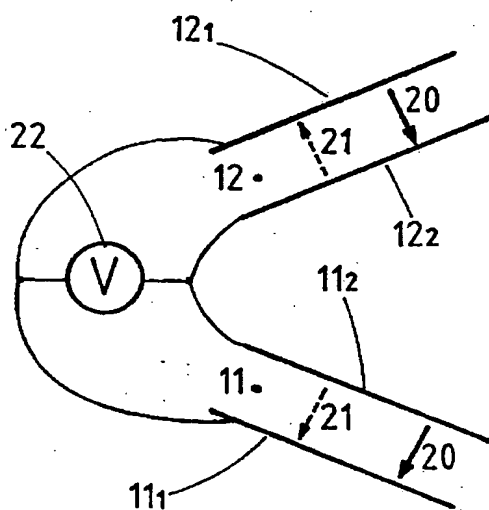
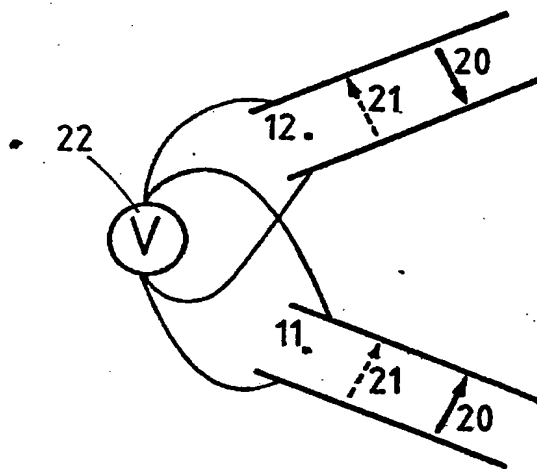
5 8. Dispositif transducteur électroacoustique caractérisé en ce qu'il est constitué de deux rubans symétriques (71, 72), disposés face à face, constitués chacun par un film en matériau polymère piézoélectrique à faces métallisés, ladite
10 paire de rubans (71, 72) coopérant avec une pluralité de moyens d'encastrement (74, 75, 77, 78) et de moyens d'espacement (79) définissant une pluralité d'éléments transducteurs électroacoustiques (80) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.

9. Dispositif transducteur électroacoustique caractérisé en ce qu'il est constitué de l'assemblage d'au moins deux éléments transducteurs électroacoustiques (41, 42, 43), selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, mécaniquement indépendants, et présentant des fréquences de résonance distinctes.

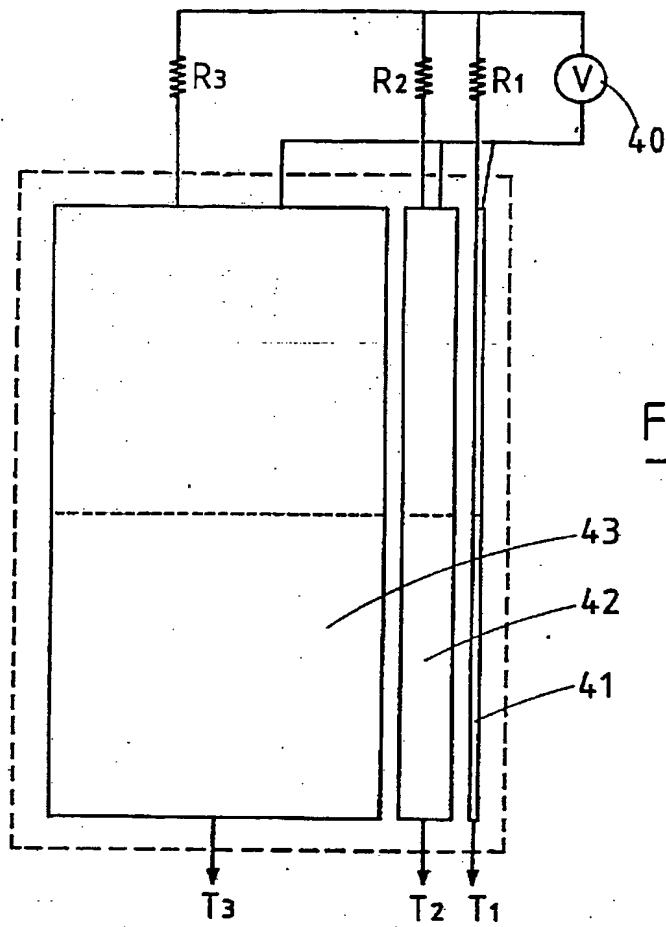
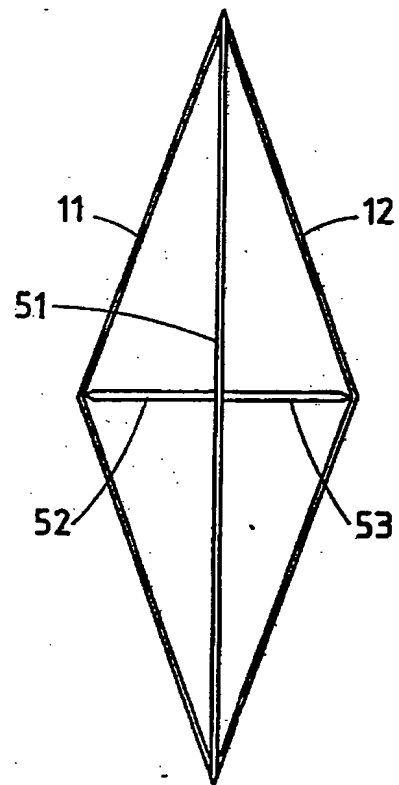
15 10. Dispositif selon la revendication 9 caractérisé en ce que chacun desdits éléments présente une même longueur, et une largeur et/ou une tension (T1, T2, T3) distinctes correspondant à sa fréquence de résonance.

20 11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 9 et 10 caractérisé en ce que chacun desdits éléments transducteurs électroacoustiques est connecté à une même source électrique (40), éventuellement à travers un élément de filtrage spécifique (R1, R2, R3).

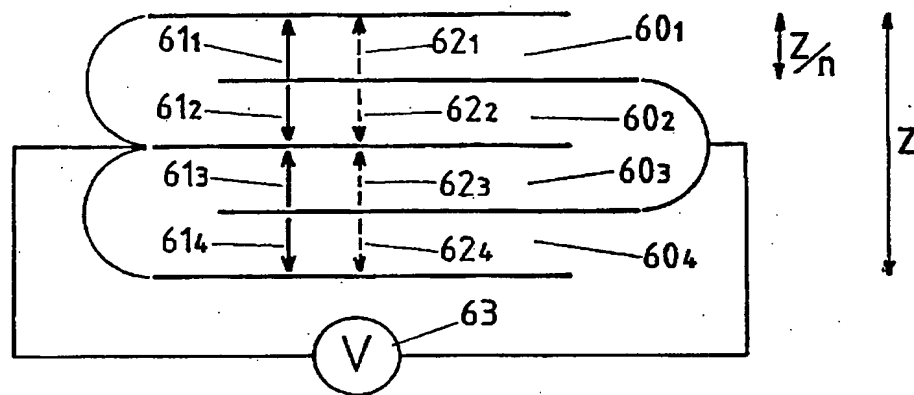
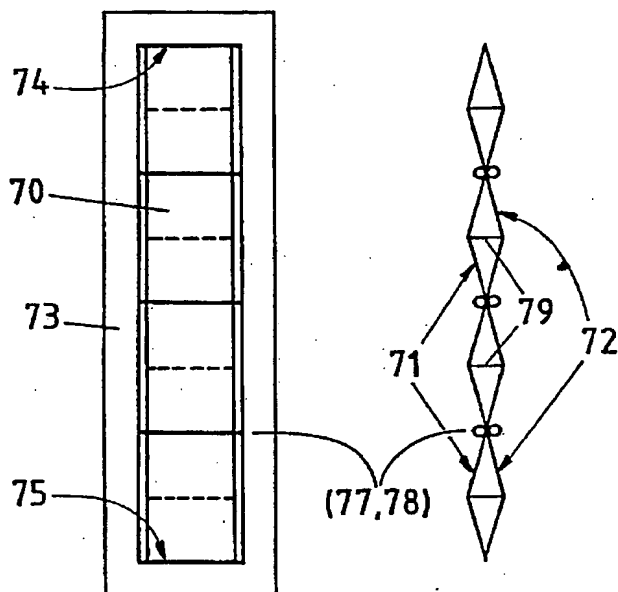
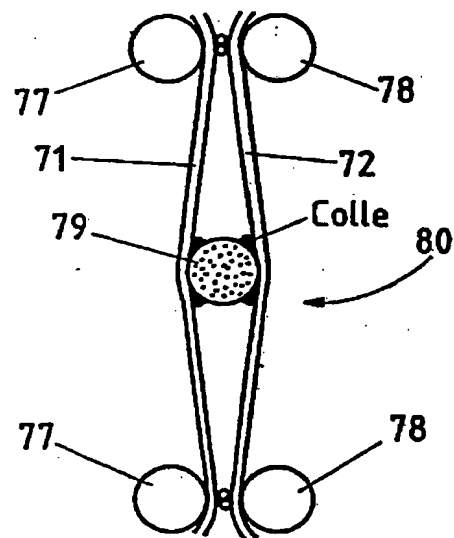
1/3

Fig. 1Fig. 3Fig. 2AFig. 2B

2/3

Fig. 4Fig. 5

3/3

Fig. 6Fig. 7AFig. 7BFig. 8

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
établi sur la base des dernières revendications
déposées ayant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FR 8911494
FA 432851

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	FR-A-2 521 380 (LECTRET SA) * Revendications; figures *	1,2,8
X	US-A-3 947 644 (UCHIKAWA) * Colonne 1, ligne 20 - colonne 3, ligne 22; figures *	1,8
A	---	5
X	US-A-3 832 580 (YAMAMURO et al.) * Colonne 12, lignes 31-43; figure 26 *	1,8
A	DE-A-2 714 709 (MATSUSHITA) * Revendications 1,7 *	1,3
A	US-A-4 401 857 (MORIKAWA) * Colonne 1, lignes 43-54 *	1,9-11
A	N.T.Z.-ARCHIV, vol. 7, no. 6, juin 1985, pages 145-154, Berlin, DE; R. LERCH: "Elektroakustische Hörschall-Wandler auf Piezopolymer-Basis" * Pages 148-150, chapitre 4.2, figures 14,16 *	1,6
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. CL5)
		H 04 R
Date d'achèvement de la recherche 27-04-1990		Examinateur GASTALDI G.L.
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

EPO FORM 1503 (01.92) (P0412)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.